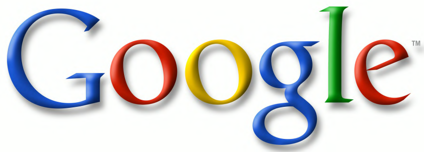
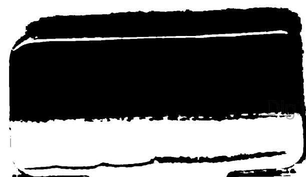




LES PILES

ET LES

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

A l'Exposition Universelle de 1889

Paris. — Imprimerie E. BERNARD et Cie, 23, rue des Grands-Augustins.

LES PILES

ET LES

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

Aimé WITZ

DOCTEUR ÈS-SCIENCES, INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
PROFESSEUR DE PHYSIQUE A LA FACULTÉ DE LILLE

(Extrait de la Revue Technique de l'Exposition universelle de 1889)



PARIS
E. BERNARD ET Cie, IMPRIMEURS-EDITEURS
53ter, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1893

HUITIÈME PARTIE

ÉLECTRICITÉ

ET

APPLICATIONS

LES PILES ÉLECTRIQUES

A l'Exposition Universelle de 1889

PAR

A. WITZ

C'était le beau temps des piles, alors que, en 1813, Napoléon offrait à l'École Polytechnique une pile de 600 éléments, mesurant 9 décimètres carrés par électrode : « Pourquoi, avait dit l'empereur à Berthollet, pourquoi avez-vous laissé faire à Davy ses belles découvertes ? » — « Sire, lui fut-il répondu, nous n'avons pas de pile aussi puissante que la sienne. » — « Eh bien ! qu'on en construise une sur le champ, et qu'on n'épargne ni soin, ni dépense. » Davy disposait de 400 éléments quand il décomposa la potasse ; les savants français en possédaient maintenant 600, mais ils avaient manqué l'occasion. Du reste, les anglais se piquèrent d'honneur et ils ouvrirent une souscription pour offrir à leur illustre compatriote 2,000 éléments de 2 décimètres carrés, à l'aide desquels il découvrit bientôt l'arc voltaïque: un riche amateur, nommé Children, fit mieux encore et il construisit des couples gigantesques présentant une surface de 3 mètres carrés ; l'on en assembla 21 pour fondre les métaux les plus réfractaires. Puis Gassiot monta 3,500 éléments : enfin Warren de la Rue et Hugo Muller réunirent 24,400 couples : c'est le plus puissant générateur électrochimique qui ait été construit.

Aujourd'hui on n'impose aux piles que de faibles travaux : on leur fait actionner des télégraphes et des téléphones, les chemins de fer les utilisent pour des

appels et des signaux, les particuliers les appliquent aux sonneries domestiques et les médecins leur demandent le fluide mystérieux qui guérit tous les maux. Mais on ne monte plus de piles pour les applications qui nécessitent une grande énergie, parce que le cheval-heure ainsi obtenu coûte beaucoup trop cher : au lieu de consommer du zinc, coûtant 80 centimes le kilogramme et donnant 1,700 calories, on brûle du charbon qui coûte 40 fois moins et fournit 4 fois plus de calorique. Une pile de Daniell donne le cheval-heure au prix de 4 à 5 francs alors que le même travail ne revient qu'à 10, 12 ou 15 centimes par les générateurs mécaniques d'électricité : de plus, il faudrait assembler 1,300 Daniell pour une puissance d'un cheval. Les piles chromiques donnent des résultats un peu meilleurs, car il y a un intérêt évident à employer des éléments à potentiel élevé : mais des essais faits il y a quelques années au Comptoir d'Escompte et au Bon Marché pour produire de la lumière par des piles ont démontré que cette solution n'est plus acceptable aujourd'hui. Bref : la dynamo a détrôné la pile.

Et pourtant, la pile a encore sa légende : il y a toujours des inventeurs qui s'ingénient à composer des éléments nouveaux, mais ils ne produisent le plus souvent que du vieux-neuf : il est rare en effet que leur idée n'ait pas été appliquée déjà par un des 250 chercheurs qui ont donné leur nom à une pile. Mais ils ne se découragent pas et les journaux nous annoncent à chaque instant qu'une révolution scientifique va s'accomplir par la découverte de la pile de l'avenir. L'an dernier, un des journaux les plus répandus de France faisait une bruyante réclame au sujet d'une pile merveilleuse que nous avons cherchée en vain à l'Exposition ; quelque temps auparavant on présentait à l'Académie un élément qui devait donner le cheval-heure au prix de 5 centimes, mais il semble que l'on ait pris des espérances pour une réalité. En somme, l'Exposition ne nous a fait découvrir aucune pile qui parût devoir modifier l'état présent de cette branche de l'électricité.

Quelques couples excellents n'ont malheureusement pas été exposés : telles sont les piles au chlore de M. Upward, les piles de grande force électromotrice de M. Corminas, aux métaux alcalins, les piles thermo-électriques de M. Raub, et d'autres encore. A cet égard, nous ne serons pas pessimistes en déclarant que notre grand concours de 1889 présentait de regrettables lacunes, qu'il eût été facile de combler.

Nous n'avons vu d'application vraiment intéressante que celle qui a été faite des couples à l'éclairage domestique, par l'emploi des appareils à écoulement et à circulation automatiques des liquides. Il y avait un bon nombre de piles, construites dans ce but : c'étaient généralement des éléments de composition connue et éprouvée, dont on avait modifié la forme et le dispositif de manière à se prêter à une marche continue, sans exiger de manipulations pénibles.

Nous ne possédons pas encore de solution complète du problème, mais quel-

ques-uns de ces appareils domestiques sont déjà suffisamment pratiques pour qu'on puisse les recommander. Il ne s'agit pas d'organiser par ce moyen d'éclairages importants ; mais si l'on tient à éclairer électriquement un château, une église, une maison d'habitation isolée, si un amateur convaincu veut à tout prix éblouir les amis qu'il réunit dans ses salons, si un *dilettante* désœuvré et fortuné consent à dépenser de la sorte son temps et son argent, nous lui conseillerons l'emploi des nouvelles piles, en attendant que des stations centrales distribuent partout l'énergie électrique. En les combinant avec des accumulateurs, on peut se donner le luxe et les facilités d'un éclairage électrique satisfaisant.

Nous avons décrit les couples que nous avons vus à l'Exposition, en limitant toutefois notre étude à ceux que nous avons pu examiner avec soin, ou sur lesquels on nous a fourni des renseignements suffisants ; les journaux spéciaux, parmi lesquels nous citerons l'*Electricien* et la *Lumière Électrique*, nous ont facilité notre travail.

Nous arrêterons d'abord notre attention sur quelques types de piles hydro-électriques qui se signalent par leur nouveauté ou par leur grande notoriété et qui ont obtenu des récompenses ; puis nous ferons la monographie des piles à circulation, et nous terminerons par les piles thermo-électriques utilisant comme combustible le gaz d'éclairage.

PILES HYDRO-ÉLECTRIQUES

1° *Piles types*

Radiguet.
Bazin.
Crosse.
Renard
Aron.
Pillet.
Leclanché.
Warnon
Maiche.
de Lalande et Chaperon.
Perreur-Lloyd et fils.
Bablon
Serrin.

COUPLES ET PROCÉDÉS DIVERS

2° *Piles à circulation*

O'Keenann
Paillard
Gendron.
Lagarde.
Arnould.
de Marc et Bernier.
Sappey
Kornfeld.

3° *Piles thermo-électriques*

Clamond-Carpentier
Chaudron.

I. — PILES TYPES

Pile Radiguet

La maison Radiguet a acquis une juste notoriété par les heureuses dispositions qu'elle a données à la pile de Poggendorff : elle a obtenu une médaille d'argent.

Les éléments Radiguet sont constitués par 4 lames de charbon qui entourent le vase poreux renfermant le zinc : on en forme des batteries en les groupant en deux rangées parallèles, surmontées d'un treuil pour le relèvement des zincs.

Un modèle, dit à bascule, a obtenu un légitime succès, car il permet non-seulement de retirer le zinc de l'eau acidulée, mais encore d'isoler le bichromate du liquide excitateur, ce qui est avantageux, car on sait que les liquides se mêlent à travers la paroi des vases poreux. Pour cela, ces vases ont reçu la forme d'un cœur à deux lobes très découpés, de façon à former deux vases distincts situés à angle droit l'un par rapport à l'autre : un des lobes est perméable, l'autre est émaillé, donc rendu imperméable. Le premier trempe dans le bichromate quand l'élément est en service ; l'autre est en l'air : mais à l'état de repos, on fait basculer le cœur, de manière à retirer la portion poreuse du liquide : le zinc suit ce mouvement et l'eau acidulée se déverse dans le lobe émaillé. D'une main, on fait mouvoir tous les éléments d'une batterie : ce dispositif assure une durée beaucoup plus grande des zincs et des liquides.

M. Radiguet a créé un autre modèle de pile qui est réellement pratique : c'est une pile domestique. Les éléments qui la composent sont placés sur une cuve en bois garnie de plomb ou vernie au bitume de Judée ; elle forme gouttière et a un écoulement au dehors. Chaque élément est composé sur le type de Poggendorff, mais le charbon est au dehors du vase poreux et le zinc à l'intérieur. Le charbon a la forme d'un cylindre ; le zinc est à l'état de rognures ou de déchets, contenus dans un appareil spécial, appelé par l'inventeur le *support à amalgamer*. Cet appareil se compose d'un tube en cuivre rouge portant à sa base une sorte de corbeille destinée à recevoir les fragments de zinc ; sous cette corbeille est suspendue, par deux tiges de cuivre, une cuvette remplie d'un amalgame tenant un peu de zinc en dissolution. Par une action que M. Radiguet croit électrique, mais qui pourrait être capillaire, le mercure grimpe le long du support et maintient le zinc de la corbeille dans un parfait état d'amalgamation, pendant plusieurs mois. La manipulation des liquides se fait à l'aide d'un siphon, qu'on amorce en soufflant et qu'on désamorce aussi en soufflant, sans avoir à boucher la branche d'écoulement : on peut souffler à la bouche ou employer une poire en caoutchouc. Grâce à ce siphon, on renouvelle à volonté

les liquides, qui tombent sur la table à gouttière et sont évacués au dehors. Tout est ingénieux dans cette pile, qui donne du reste d'excellents résultats.

Nous signalerons encore la

Pile Tommasi et Radiguet

Au centre d'un vase de verre cylindrique se trouve un bâton de charbon recouvert d'une couche épaisse de peroxyde de plomb (PbO^2), et le tout est renfermé dans un sac en toile (fig. 1).

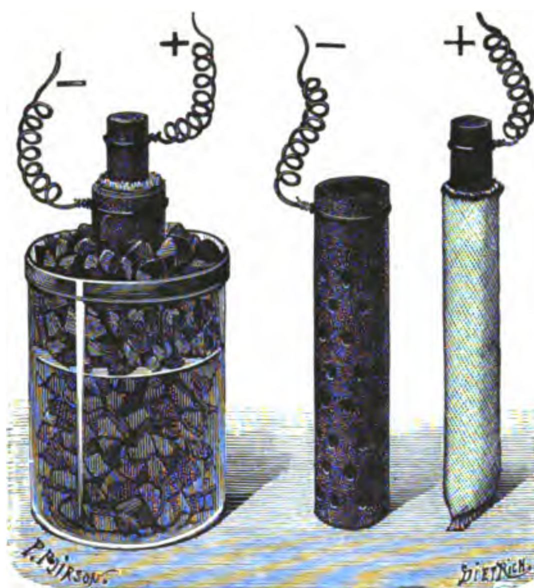


FIG. 1. — PILE TOMMASI ET RADIGUET

Cette électrode, ainsi enveloppée, est placée dans un tube de charbon percé de trous ; le tout est mis dans un vase de verre rempli de fragments de charbon de cornue et d'une solution concentrée de chlorure de sodium additionnée de chlorure de calcium ; le niveau de cette solution ne doit pas dépasser le milieu du vase de verre. Les fragments de charbon qui ne sont pas mouillés sont recouverts d'une couche de chlorure de calcium.

Cette pile, dont la f. c. m. est de 0,6 à 0,7 volt, ne travaille qu'en circuit fermé.

Comme elle se polarise rapidement, elle ne convient que pour les applications qui réclament un courant intermittent.

Pile Bazin

On a eu recours maintes fois à des moyens mécaniques pour aider à l'action dépolarisante des liquides chromiques : M. Bazin en est revenu à faire tourner sur elles-mêmes les électrodes de charbon, d'une manière continue, par l'action d'un petit moteur électrique. Les vases de pile sont placés sur un support qu'on peut élever ou abaisser à volonté pour mettre les éléments en activité ou au repos : les charbons et leurs axes sont au contraire fixes dans l'espace.

Pile Crosse

M. Crosse a imaginé quelques modifications qui peuvent donner de bons résultats. L'électrode positive de ses piles chromiques est constituée par un sac cylindrique en plomb, rempli de fragments de coke ; l'électrode positive de ses piles du genre Daniell, est de même formée d'un sac de plomb, renfermant des cristaux de sulfate de cuivre.

Ce dispositif présente une grande surface et réduit conséquemment la résistance extérieure des éléments.

Pile Renard

Cette pile, rendue célèbre par les expériences de direction du ballon *la France*, était exposée dans le pavillon de l'aérostation militaire, sur l'Esplanade des Invalides.

C'est une pile chlorochromique : le liquide excitateur est constitué par une dissolution d'acide chromique dans de l'acide chlorhydrique, de densité 1,083, Cro^3 et Hcl étant à équivalents égaux ; le même liquide joue le rôle de dépolarisant, car la pile est à un seul liquide. Le zinc est employé sous forme de crayons cylindriques ; l'électrode conductrice est formée d'une lame d'argent platinée sur ses deux faces par laminage, de 1/10e de millimètre d'épaisseur. Il est à remarquer que le zinc n'est pas amalgamé.

Le liquide est renfermé dans des tubes de verre relativement longs, dont la hauteur égale au moins 10 diamètres, de manière à présenter une surface considérable de refroidissement. Les éléments sont réunis en groupes qui constituent des faisceaux tubulaires.

Les piles du ballon *la France* étaient semi-tubulaires, c'est-à-dire que chaque

élément était formé de six tubes assemblés en surface : les tubes avaient 40 millimètres de diamètre. Un tel élément pouvait donner 120 ampères avec un potentiel utile de 1,2 volt.

Grâce à l'emploi du liquide chlorochromique, la pile Renard peut fournir une puissance supérieure à celle de toute autre pile : au potentiel normal de 1,2 volt, on l'estime à 25 ampères par décimètre carré de zinc. Deux éléments semi-tubulaires en tension, produisent l'incandescence blanche d'un tube de platine de 5 millimètres de diamètre et 1/2 millimètre d'épaisseur, ce qui répond à 150 ampères par 1,8 volt : ce groupe pèse 10 kilogrammes. Une pile de 48 kilogrammes donne un cheval de 736 watts.

La stabilité du liquide permet de le conserver quelques jours : mais il se produit alors un dégagement de chlore. On l'atténue en substituant, équivalent à équivalent, l'acide sulfurique à l'acide chlorhydrique ; la capacité du liquide ne diminue pas sensiblement.

Pile Aron

C'est une adaptation nouvelle de la pile du commandant Renard, que nous venons de décrire ; MM. Aron frères l'ont modifiée dans le but de l'appliquer à l'éclairage direct sans accumulateurs. Nous retrouvons le liquide excitateur chlorochromique et les électrodes d'argent platiné. Les éléments sont réunis dans un grand vase cylindrique en verre : les lames d'argent et de zinc sont renfermées dans des tubes de verre, qui plongent dans le liquide excitateur par leur extrémité inférieure légérement rétrécie ; normalement le liquide ne baigne pas les lames. Mais une poire de caoutchouc permet d'exercer une pression d'air dans le vase et de faire monter le liquide dans les tubes ; la pile est dès lors en service. Une vis permet de rétablir la pression atmosphérique en débouchant une petite ouverture : le liquide baisse aussitôt et la pile cesse de fonctionner.

Cette installation très ingénieuse et fort pratique, a valu à MM. Aron frères une médaille d'argent.

Pile Pillet

Le bichromate fait l'office de polarisant dans cette pile. Les vases sont à deux étages ; leur partie inférieure sert de réservoir au liquide, les lames de zinc et de charbon occupent la partie supérieure. En déterminant une pression d'air dans la cloche qui occupe le centre de l'élément, on fait monter le liquide au niveau des électrodes et l'appareil est à même de fonctionner.

Tous les éléments semblables d'une pile étant reliés par des tuyaux, on peut du même coup agir sur tous les vases, ce qui présente de grandes facilités et paraît préférable au soulèvement des lames par un treuil.

Pile Leclanché

Voilà une des piles les plus célèbres, parce qu'elle est une des meilleures et des plus répandues ; sa notoriété nous dispensera d'une longue description, mais sa réputation nous défendait de la passer sous silence.

Elle a obtenu une médaille d'or.



FIG. 2.
PILE SÈCHE LECLANCHÉ-BARBIER



FIG. 3
PILE LECLANCHÉ-BARBIER

On sait que cet élément est formé de zinc et de charbon, qu'il est excité par une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque et de charbon et dépolarisé par le bioxyde de manganèse.



FIG. 4. — PILE LECLANCHÉ
(MODÈLE ORDINAIRE)



FIG. 5. — PILE LECLANCHÉ
A PLAQUES MOBILES

On le construit à vase poreux ou bien à agglomérés : de fait, le vase poreux est inutile dans une pile à un seul liquide.

La pile Leclanché ne consomme rien à circuit ouvert, ne se polarise presque pas sur un circuit très résistant, reprend très vite sa force électromotrice, après quelques instants de repos, coûte peu cher, ne gèle pas et dure plusieurs années : ce peu de mots explique le grand succès de cette pile, dont les télégraphes, les Compagnies de chemins de fer, les téléphones et les particuliers emploient des milliers d'éléments.

Pile Warnon

Elle dérive de la pile Leclanché, mais elle en diffère par la fabrication de l'électrode conductrice.

Voici comment elle est constituée : un bloc de charbon, sur lequel ont été implantées des bornes de la même substance, est enfermé dans un sac de toile, imprégnée de bitume de Judée, pour rester bien perméable ; le vide est bourré de péroxyde de manganèse, ayant subi une préparation spéciale, et de graphite concassé ; le tout est entouré de cordelettes qui en assurent la conservation.

L'avantage réalisé par M. Warnon est sérieux, car la résistance intérieure de la pile est moindre que celle de la pile Leclanché.

Pile Maiche

M. Maiche a reçu une médaille de bronze pour ses piles de télégraphes et de sonneries.



FIG. 6



FIG. 7

Cet élément, très original dans sa conception, diffère de tous les autres en ce

que l'oxygène de l'air constitue son élément dépolarisant : il n'est donc pas apte à produire une grande quantité d'électricité, parce que l'absorption de l'oxygène n'est pas rapide, mais il fonctionne régulièrement et avec continuité.

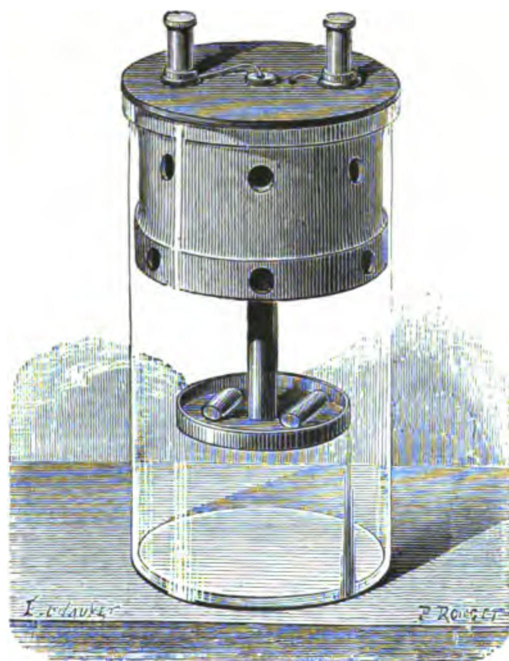


FIG. 8

Une galerie en terre poreuse renferme du charbon de cornue concassé, platiné à sa surface ; en dessous, est suspendu un godet de porcelaine renfermant de petits lingots de zinc plongés dans le mercure, une solution de sel marin baigne le tout, mais sans atteindre le haut de la galerie de porcelaine, car le charbon doit être imbibé par capillarité et non pas noyé.

La pile Maiche convient très bien aux sonneries, aux télégraphes, aux téléphones, et en général à tous les services intermittents.

Pile de Lalande et Chaperon

Cette pile était exposée par MM. de Branville et C[e] ; elle est connue sous le nom de pile à oxyde de cuivre, car cet oxyde y joue la fonction de dépolarisant.

Elle se compose d'une lame de zinc et d'une lame de fer ou de cuivre recou-

verte d'oxyde de cuivre, les deux lames baignant dans le même liquide, qui est une solution de potasse caustique à 35 %.

Le circuit étant fermé, il se produit un zincate alcalin et l'oxyde de cuivre est réduit : à circuit ouvert, les métaux demeurent inattaqués.

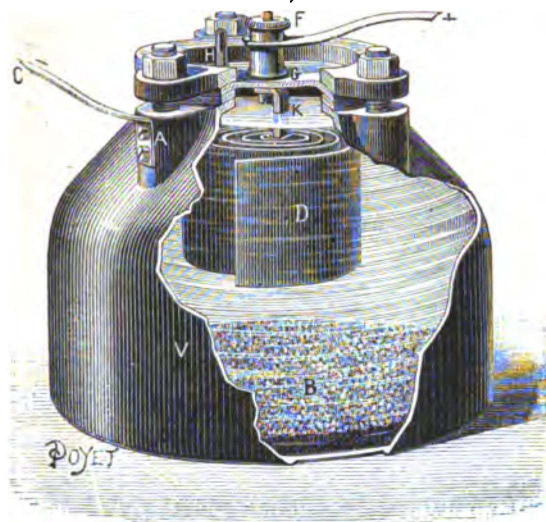


FIG. 9

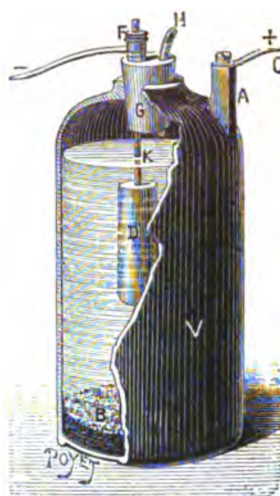


FIG. 10

On construit cet élément sous diverses formes. L'élément à spirale est renfermé dans un vase cylindrique, au fond duquel se trouve un vase de tôle contenant l'oxyde de cuivre ; à mi-hauteur du vase est placée une spirale de zinc amalgamé, dont le plan est horizontal. Un fil de laiton part de la boîte et traverse le couvercle ; c'est le pôle positif, le pôle négatif est constitué par l'extrémité déroulée et redressée de la spirale.

Il existe aussi un élément hermétique en fonte ayant la forme d'un obus, dans lequel l'enveloppe de fonte constitue le pôle positif ; le zinc est suspendu au centre du liquide par un conducteur qui traverse un bouchon de matière isolante. Cet isolement est représenté ci-contre.

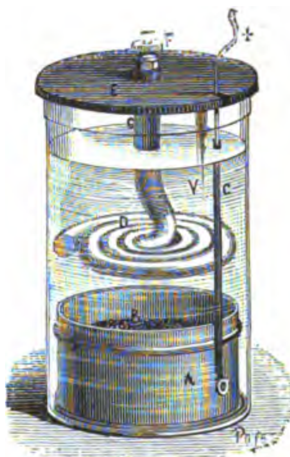


FIG. 11

Enfin MM. de Lalande et Chaperon ont construit un élément à auge ; une boîte plate de tôle de fer renferme une boîte de dimensions presqu'égales en zinc, de telle sorte que les surfaces en regard soient très grandes sans que néanmoins la pile devienne encombrante.

Ces éléments ont une force électromotrice très constante, égale à 0,9 volt environ. Leur résistance intérieure est faible et leur débit est considérable ; ils peuvent fonctionner pendant des centaines d'heures sur de faibles résistances, et si on prend le soin de les soustraire à l'action de l'acide carbonique de l'air, leur montage peut être maintenu fort longtemps.

Enfin on peut utiliser le cuivre réduit et le réoxyder en l'exposant à l'air humide. MM. d'Arsonval et Hospitalier ont fait des rapports très élogieux sur cette pile et Sir William Thomson a déclaré que c'était le meilleur élément voltaïque connu de lui ; le jury a bien fait de suivre ces indications en décernant à MM. de Branville une médaille d'or (1).

Pile Perreur-Lloyd et fils

On brûle du zinc dans les piles pour obtenir un courant ; la dépense de zinc est le prix de l'énergie électrique engendrée, mais ce mode de production est coûteux, car le résidu de l'opération n'a pas de valeur. Ne pourrait-on pas obtenir aussi bien un courant en brûlant un métal qui produirait un sel possédant une valeur vénale ? C'est le problème que M. Perreur a résolu.

Il brûle du cuivre en l'attaquant par un liquide excitateur composé d'acide sulfurique et d'acide azotique ; il recueille le sulfate de cuivre résultant de la réaction et condense les vapeurs nitreuses.Pour réduire encore la dépense, l'opération est conduite de telle façon que le liquide excitateur épuisé soit de nouveau utilisable comme liquide dépolarisant. Bref, il se perd le moins de substances que possible. Comme les électrodes solubles peuvent être constituées de déchets qu'on achète à bas prix, et que les sels sont obtenus sous la forme la mieux appropriée pour en faciliter la vente, on arrive à engendrer l'électricité d'une façon relativement économique. Voilà vraiment la pile de l'avenir.

MM. Perreur-Lloyd et fils ont adopté le type de la pile de Bunsen à électrodes de charbon et de cuivre ; le liquide excitateur est un mélange de trois équivalents d'acide sulfurique pour un équivalent d'acide nitrique dans un état de concentration déterminé pour attaquer le cuivre ; quand l'acide est en partie neutralisé, on y mélange un volume d'acide sulfurique pour le faire servir de dépolarisant. On active les réactions en chauffant la pile par un courant de vapeur. Les résidus sont dirigés vers des cuves de cristallisation.

Le dispositif des éléments est très rationnel, mais un peu compliqué ; cet

1. Dans leur brevet de 1881, MM. de Lalande et Chaperon ont signalé la réversibilité de leur pile ; ils entrevoyaient donc la possibilité d'établir des piles secondaires au zincates alcalins et ils ont été les précurseurs de MM. Commelin et Desmazures, dont les accumulateurs ont eu tant de succès en 1887.

inconvénient est amplement compensé par les résultats, qu'il était impossible d'obtenir plus simplement. On transforme la pile en un appareil qu'on appellerait avec plus de raison chimico-électrique qu'électro-chimique, car le produit est une substance chimique alors que l'électricité n'est qu'un sous-produit. Ainsi on a transformé de vieilles rognures de laiton en sulfate de cuivre et en sulfate de zinc, lequel a encore servi à la fabrication d'ammoniaque et de blanc de zinc.

Le même procédé pourrait conduire à la formation d'autres sels dont la vente serait encore plus productive.

Pile Bablon

M. Bablon a inventé un commutateur automatique, pour le chargement des accumulateurs qui lui a valu une mention honorable : cet appareil permet de charger un groupe d'accumulateurs montés en tension par une source de force électromotrice moindre, en prenant les pôles du générateur primaire et en les portant successivement sur les pôles de chaque accumulateur et en répétant cette opération à tour de rôle sur chacun d'eux. L'idée est ancienne déjà et elle avait appliquée autrefois par M. Thomsen, de Copenhague, à la charge d'une batterie de piles à gaz : mais le dispositif de M. Bablon est nouveau et ingénieux. Il a adopté à son projet une sorte de cylindre d'orgue de Barbarie disposé au-dessus d'un clavier mettant tour à tour en contact les pôles des piles primaires et secondaires : ce cylindre peut être mû par un poids, un ressort ou bien un petit moteur électrique.

Pile Serrin

Prenez un bloc de bois imperméabilisé, et creusez à la suite l'une de l'autre un certain nombre de cavités, dans lequel vous logerez un zinc et un charbon baignant dans un liquide acide, puis fermez hermétiquement les ouvertures. Vous formez ainsi une pile, qui pourra fonctionner très longtemps et actionnera sans défaillance des allumoirs de tout genre. Nous venons de décrire la pile de M. H. Serrin, récompensée par une mention honorable.

COUPLES ET PROCÉDÉS DIVERS

Il nous reste à signaler quelques procédés spéciaux qui peuvent avoir quelqu'influence sur l'avenir des piles électriques.

M. Georges Fournier s'est donné le même objrctif que M. Perreur, qui est de

diminuer le prix de revient de l'énergie électrique : à cet effet il a cherché à utiliser les sous-produits des piles au bichromate. Il extrait des liquides épuisés du sulfate de potasse, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde de chrome, de l'alun de chrome et toute une série de belles couleurs jaune orange et citron, et des verts clairs et foncés très agréables aux yeux et parfaitement stables. On a remarqué les échantillons d'étoffes teintes avec ces couleurs depuis plusieurs années et qui avaient conservé tout leur éclat. Les procédés de M. Fournier peuvent donner lieu à de curieuses applications, mais nous n'oserions leur promettre de grands résultats économiques.

M. Loiseau exposait des sels excitateurs et M. Marchenay, des liquides dépolarisants.

MM. Owen and Sons ont présenté des encaissages de piles en bois de teck.

II. — PILES A CIRCULATION

Pile O'Keenann

M. O'Keenann a complètement transformé la pile de Daniell en rendant son fonctionnement automatique, de sorte qu'on n'ait plus à en démonter les éléments pour assurer leur entretien : ce résultat est obtenu par un ingénieux mode de distribution et de renouvellement des liquides.

Nous retrouvons dans cette pile, le zinc, au pôle négatif, baignant dans le sulfate de zinc ; des lames de plomb cuivré forment l'électrode positive, plongée dans le sulfate de cuivre. C'est donc une pile de Daniell. Mais la lame de zinc est entourée d'un fourreau de papier parcheminé, ouvert en haut et en bas, et elle occupe la partie centrale de l'élément ; ce fourreau forme un vase poreux sans fond.

Le liquide de la pile est constitué par trois couches distinctes, superposées par ordre de densité : il y a du sulfate de zinc au fond du vase et dans le fourreau central ; au-dessus, se trouve une solution de sulfate de cuivre surmontée d'une couche d'eau pure. Le fonctionnement de la pile produit du sulfate de zinc qu'il faut éliminer ; le sulfate de cuivre doit être maintenue à saturation et l'eau pure consommée doit être renouvelée pour assurer la marche des réactions. Voyons comment M. O'Keenann réalise ces diverses conditions : il est arrivé après quelques tâtonnements à un dispositif simple, pratique, voire même élégant ; du reste, tout ce qui est simple et pratique devient facilement élégant.

L'eau pure arrive à la partie supérieure de la pile goutte à goutte, en s'écou-

lant d'un réservoir élevé ; le robinet de débit en donne un excès qui surnage en vertu de sa moindre densité et dont on se débarrasse par un déversoir de trop plein.

Une trémie renferme les cristaux de sulfate de cuivre et les fait tomber dans la pile au fur et à mesure de leur dissolution : la partie moyenne du liquide est donc maintenue à saturation.

Le sulfate de zinc formé s'accumule au fond des vases : il est évacué par un tuyau de descente, partant du niveau supérieur qu'on lui permet d'atteindre et débouchant dans un godet de mercure. L'extrémité du tuyau est donc immergée dans le mercure, et les colonnes de sulfate de zinc dans le tuyau et de mercure autour de ce tuyau se font équilibre. Si le niveau du sulfate s'élève dans la pile, cet équilibre est rompu et ce liquide s'écoule en traversant le mercure.

Il n'y a donc à régler, une fois pour toutes, que l'arrivée d'eau et la hauteur du mercure dans le godet.

M. O'Keenann réunit dix éléments dans une caisse à parois de verre ; des planchettes de sapin paraffiné forment cloison entre eux.

On dispose les accumulateurs, qu'on veut charger au-dessous de la pile.

D'après M. Hospitalier, qui a rendu compte de cette pile dans l'*Électricien*, cette pile peut fonctionner plusieurs mois sans être démontée et sa conduite peut être confiée au premier venu.

Nous avons cherché en vain le nom de M. O'Keenann sur la liste des récompenses : nous pensions l'y trouver.

Voltagène Paillard

M. Paillard désigne sous le nom de voltagène une pile de Daniell modifiée, à alimentation continue et automatique.

La modification de l'élément porte sur le zinc, qui est entouré d'une composition adhérente, perméable au liquide ; de plus, le plomb gondolé et percé de trous remplace la lame classique de cuivre.

Le sulfate de cuivre est débité par un grand réservoir, muni d'une soupape à réglage électrique, commandée par un électro-aimant monté en dérivation sur le circuit ; plus le courant est intense, plus la soupape est levée, de telle sorte que l'alimentation soit toujours proportionnelle au travail demandé à la pile. Le liquide tombe dans un distributeur à siphon intermittent, qui dessert tous les éléments par une longue gouttière.

L'extraction du sulfate de zinc produit et accumulé au fond de la pile se fait par un siphon à mèche, qui ne s'amorce que lorsque le liquide atteint dans la pile un niveau déterminé.

Pile Gendron

M. Gendron a obtenu une médaille de bronze pour l'ingénieux système de distribution qu'il a su réaliser. Sa pile est l'élément classique de Poggendorff dont l'excitation est faite par l'eau acidulée et la dépolarisation par un bichromate alcalin : de ce côté rien de nouveau. Mais la disposition des éléments est tout à fait différente de ce qu'on faisait jusqu'ici.

Le vase poreux a une forme sinueuse : il se replie six fois sur lui-même et renferme six électrodes de zinc; sa largeur est de 25 millimètres au plus. C'est donc un canal sinusoïdal dans lequel circule de l'eau acidulée. Entre ses replis sont logées six plaques de charbon : le liquide chromique circule le long des parois du vase et en suit tous les contours, attendu que les charbons qui sont encastrés par une extrémité dans la paroi de la caisse dessinent un canal parallèle à la surface de terre poreuse. Les liquides lavent donc les électrodes et cette circulation produit les meilleurs résultats.

De grands vases distributeurs alimentent les piles, disposées sur des rayons d'un meuble analogue à une bibliothèque : après leur parcours, les liquides sont évacués par des robinets spéciaux. Leurs boisseaux sont des cylindres allongés, ayant toute la hauteur de l'élément; l'eau acidulée, chargée de sulfate de zinc, est prise à la partie inférieure, remonte dans le noyau et s'écoule par un trou. En tournant le boisseau, on peut opérer une vidange complète et mettre les vases à sec. Un robinet du même genre évacue goutte à goutte le bichromate épuisé.

On a constaté que cette pile peut fonctionner une quarantaine d'heures : une batterie peut donc être appliquée à l'éclairage domestique, et, grâce à une pompe et à une heureuse disposition de l'ensemble, la manipulation en est extrêmement aisée.

Pile Lagarde

L'inventeur a cherché à créer une pile domestique : c'est une pile au bichromate, à un seul liquide, dont les électrodes peuvent être manœuvrées à distance : à cet effet, elles sont toutes fixées à une couronne, attachée elle-même à l'extrémité d'un grand fléau de fer équilibré, qu'on peut faire basculer autour de son centre d'oscillation, en agissant sur un renvoi de mouvement, dont la forme change avec la disposition des lieux.

La couronne sert de support aux zincs et aux charbons : ces électrodes sont de grandes lames de 200 millimètres de longueur sur 130 millimètres de largeur; elles sont percées de trous. M. Lagarde les dispose radialement, et leur groupe-

ment en tension est obtenu au moyen de lames de cuivre encastrées dans l'épaisseur de la couronne. La cuve est divisée en autant de compartiments qu'il y a de paires d'électrodes, munis chacun d'un siphon qui remonte le liquide épuisé et le rejette au dehors : le liquide neuf, débité par un réservoir supérieur, est conduit aux compartiments par un distributeur à rigoles de plomb.

Pile Arnould

Une pile de 12 éléments peut alimenter 25 bougies : son rendement le plus avantageux correspond à une intensité de 5 ampères par 15 volts.

Les qualités de la pile Lagarde ont été reconnues par une médaille de bronze.

Le pôle positif de cette pile est formé de fragments de coke, sur lesquels le contact s'opère par une large feuille de plomb, qui double le vase de l'élément ; c'est un moyen ingénieux de réduire la résistance ; un liquide chromique baigne le coke. Le zinc et l'eau acidulée sont renfermés dans le vase poreux central.

L'alimentation se fait encore en dérivation : le liquide est fourni par un récipient de grande capacité dont le débit est réglé par un robinet. Ce récipient est clos, et le liquide ne peut s'en écouler qu'à la condition d'y faire rentrer de l'air bulle pour goutte : or, la rentrée de l'air est réglée par le courant lui-même. En effet, un électro-aimant, animé par une dérivation du courant, forme une soupape quand l'intensité est supérieure à la normale, tandis qu'elle l'ouvre largement aussitôt que l'intensité diminue : on se rend facilement compte de ce dispositif.

Pile de Mare & Besnier

Le liquide de cette pile est obtenu en dissolvant du bichromate d'ammoniaque dans de l'eau fortement acidulée par de l'acide sulfurique ; cette dissolution remplit le double rôle d'excitateur et de dépolarisant, et elle est caractérisée par une capacité considérable, ce qui en recommande l'emploi.

L'électrode conductrice est en charbon ; l'électrode soluble est constituée par de la grenaille de zinc noyée dans le mercure, ce qui entretient une richesse constante d'amalgame, attendu que le zinc se dissout dans le mercure à mesure qu'il se consume dans la pile. Le brevet de Mare signale aussi la possibilité de l'emploi d'un amalgame de sodium.

La caisse de la pile est formée d'une double série de lames de charbon enchassées dans les rainures d'un cadre de bois imperméabilisé. Les plaques extrêmes

sont cuivrées ; l'intervalle des doubles lames est rempli de coke concassé. Des couvercles hermétiques ferment la caisse. La grenaille de zinc est renfermée dans une cuvette de terre poreuse.

Cette pile est à écoulement. Le liquide est débité goutte à goutte par un ingénieux distributeur, qui débouche à la partie supérieure de la caisse étanche, et il traverse la pile pour s'écouler par la partie inférieure ; il s'échappe par un siphon.

La distribution du liquide se fait par dérivation et c'est peut être le caractère le plus original de ce dispositif : c'est pourquoi nous jugeons nécessaire de le décrire complètement. Le liquide est renfermé dans une grande bouteille, munie d'un tuyau latéral d'écoulement à robinet ; un tube de verre deux fois recourbé part du bouchon et vient aboutir à côté de l'orifice du tuyau d'écoulement. Ce tuyau et le tube débouchent dans une ampoule de verre placée au-dessus de la pile. Ce robinet étant ouvert, le liquide remplit l'ampoule ; bientôt le tube est noyé, et alors la pression diminue dans la bouteille, puisque l'air n'y pénètre plus ; l'écoulement cesse donc, mais il reprendra dès que, le liquide ayant baissé dans l'ampoule, l'extrémité du tube d'air sera de nouveau dégagée. On obtient ainsi un écoulement constant, sous l'influence d'une différence de pression constante.

La pile de Mare convient aussi bien à l'éclairage direct qu'à la charge des accumulateurs.

Pile Sappey

Cet élément est exposé par l'*Automatic Electrical corporation :* il reproduit le type Poggendorff, mais présente quelques modifications dans la disposition relative des électrodes. Le zinc et l'eau acidulée sont à l'extérieur, tandis que le vase poreux renfermant le charbon et le bichromate occupe le centre ; le vase poreux est double, et les charbons forment un faisceau, ce qui diminue la résistance intérieure.

Cette pile n'est plus à circulation, mais à renouvellement total des liquides épuisés ; au bout d'un temps déterminé, la pile est vidée et rechargée, cette opération se faisant automatiquement, de la manière suivante. Le dispositif est le même pour les deux liquides, et nous n'aurons qu'une description à en donner.

Le liquide est débité par une soupape et évacué par une autre, commandées toutes deux par un appareil électrique mis en jeu périodiquement par une horloge. La première soupape déverse le liquide d'un réservoir dans un bac intermédiaire en plomb, muni d'un siphon qui ne s'amorcera que lorsque le liquide aura atteint un certain niveau. A ce moment, le liquide se déverse dans une rigole de distribution en faisant mouvoir un basculeur dont nous verrons tout à l'heure le rôle.

Le liquide est amené par une canalisation aux éléments dans lesquels il pénètre par le fond ou par le côté. L'évacuation a lieu quand la même horloge ouvre la soupape de vidange. Voici comment se font simultanément ces deux opérations: à l'heure voulue, l'horloge fait ouvrir les deux soupapes; la soupape de vidange étant plus grande que celle d'alimentation, la purge est achevée avant que le bac intermédiaire ne soit rempli et que le siphon n'ait fonctionné ; le basculeur rompt le circuit en se renversant, et les deux soupapes se ferment, de sorte que le remplissage de l'élément se fait alors par le débit du siphon. Il est donc impossible que le liquide passe directement à la vidange : ce système est extrêmement ingénieux et vraiment remarquable.

Le bichromate est renouvelé toutes les trois heures, alors que l'eau acidulée reste en service plus de 12 heures.

Les tuyaux de la canalisation pourraient créer des dérivations du courant ; on les évite en intercalant des portions isolantes de tubes de verre.

On a appliqué très heureusement la pile Sappey à la charge des accumulateurs.

Pile Kornfeld

Un des défauts les plus ordinaires des piles, c'est d'être encombrantes. M. Kornfeld a réussi à réduire leur volume au minimum.

A cet effet, il emploie des vases plats en charbon, cuivrés à l'extérieur, dans lesquels peuvent descendre des lames de zinc assemblées parallèlement et formant un châssis de 40 plaques, qui vont glisser dans des coulisseaux et qu'on manœuvre à l'aide d'un treuil.

Les liquides se distribuent par deux séries de tuyaux d'alimentation et d'évacuation, dont on règle le débit par des robinets.

Une batterie de 40 éléments, d'une puissance de 750 watts, occupe une surface de 90 décimètres carrés.

C'est une pile chromique.

III — PILES THERMO-ELECTRIQUES

Pile Clamond-Carpentier

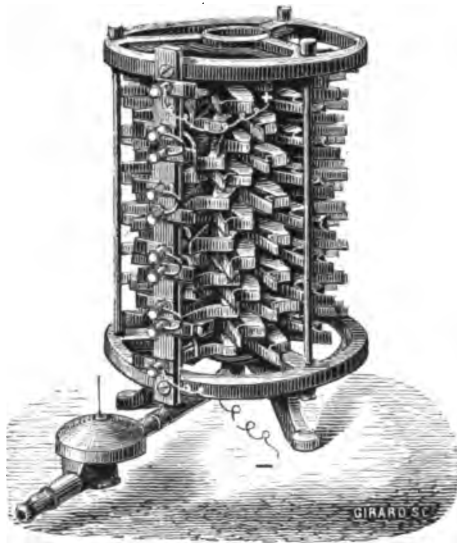
La pile Clamond, chauffée au gaz, est connue de tous nos lecteurs : le modèle déposé a été modifié par l'inventeur et sa construction a elle-même été améliorée par M. Carpentier.

Le couple est formé de fer ou de nickel avec des barreaux d'un alliage de zinc et d'antimoine ; ces deux métaux doivent être alliés, suivant M. E. Becquerel, dans le rapport de leurs équivalents pour donner le maximum de force électromotrice ; c'est ce qui est fait très exactement dans la nouvelle pile. On coule tous les éléments d'une couronne d'un seul coup, dans des moules en terre cuite cloisonnée, dans lesquels les lames de fer ou de nickel sont disposées à l'avance ; le moule reste comme protection des couples et il empêche les coups de feu, tout en permettant d'élever la température au voisinage de la fusion de l'alliage. Ces couronnes sont montées à emboîtement les unes sur les autres, ce qui donne le moyen de démonter la pile avec une grande facilité. Enfin le brûleur, en terre réfractaire, est très bien conçu et parfaitement exécuté.

Une pile de 120 éléments donne 8 volts, sa résistance extérieure ne dépasse pas 3 ohms et elle brûle 180 litres par heure.

Pile Chaudron

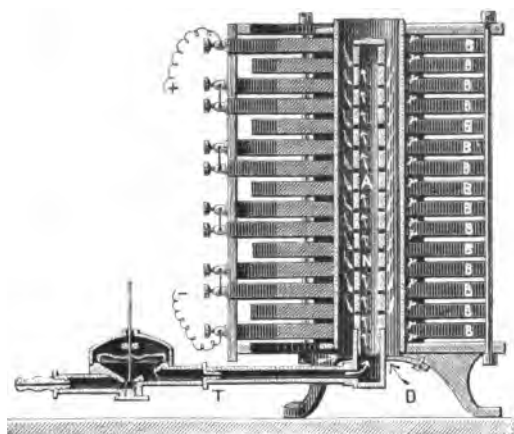
M. Chaudron a cherché à perfectionner la pile Clamond en la modifiant par le détail plutôt que dans son ensemble. Le couple est constitué par une lame de fer étamé et par un bloc d'un alliage antimoine et zinc, connu sous le nom d'al-



PILE THERMO-ÉLECTRIQUE DE CHAUDRON

liage de Marcus. La pile se compose de couronnes superposées, comprenant chacune 10 éléments, séparées les unes des autres par des rondelles d'amiante, abso-

lument comme le faisait M. Clamond dans son premier modèle ; l'assemblage des couronnes est copié de même sur le type primitif. Mais, grâce sans doute à quelques tours de main de fabrication et d'agencement, cette pile est très cons-



COUPE VERTICALE DE LA PILE CHAUDRON

tante, très durable et on a pu la faire fonctionner plusieurs mois de suite sans la détériorer aucunement.

D'après M. Hospitalier, 90 éléments donnent 5,5 volts, la résistance intérieure est de 1,5 ohm et la consommation est évaluée à 200 litres de gaz par heure.

LES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

A. WITZ

Deux électrodes polarisées étant réunies par un fil conjonctif restituent l'électricité qui avait été employée à produire la polarisation ; toute la théorie des accumulateurs est renfermée dans ce peu de mots. Gaston Planté montra qu'en employant des lames de plomb, on obtenait les effets de polarisation les plus considérables : il eut l'idée d'utiliser cette propriété pour réaliser un accumulateur d'énergie électrique ; c'est de lui que vient le nom et la chose.

Le couple de Planté était composé de deux lames de plomb parallèles et très rapprochées plongés dans l'eau acidulée : le passage de courant de charge oxydait le métal au pôle positif et réduisait l'oxyde qui pouvait recouvrir le pôle négatif ; la décharge tendait à remettre les lames dans leur premier état. Il réussit à emmaganiser 60.000 coulombs par kilogramme de plomb : l'énergie disponible était de 40.000 à 50.000 watts, soit de 5.000 kilogrammes environ. On n'a pas fait mieux : il est vrai que nous signalons ici des résultats de laboratoire.

Mais pour obtenir de semblables résultats, il fallait soumettre préalablement le plomb à une série de charges et de décharges, qui avaient pour effet de le rendre poreux et de faire intervenir une masse de métal plus considérable dans la réaction. Cette opération préliminaire s'appelle la *formation* de l'accumulateur : elle était longue et dispendieuse. Planté trouva le moyen de l'abréger par une immersion des lames dans de l'eau acidulée par moitié de son volume d'acide azotique ; mais le travail était encore trop coûteux.

C'est alors que M. Camille Faure eut l'idée ingénieuse de recouvrir les feuilles de plomb d'une pâte de minium retenue par un sac de feutre, fixé au métal par des rivets de plomb : l'invention est de 1881. Par cet artifice, la formation fut régulièrement abrégée et facilitée ; il suffisait dès lors de charger l'accumulateur à refus deux fois et de le décharger pour que le minium donnât du peroxyde sur la lame positive et du plomb réduit sur la lame négative ; on obtient de la sorte une formation profonde d'une capacité considérable.

Les appareils Planté et Faure sont les deux types auxquels peuvent être ramenés tous les accumulateurs qui se disputent aujourd'hui la faveur des électri

ciens : nombreux sont les modèles qui ont été produits en dix ans, mais la classification que nous venons d'établir permet de les comprendre tous.

Par des artifices spéciaux, on a réussi à augmenter la surface des lames de Planté sans augmenter le volume et le poids des appareils : on a employé dans ce but les moyens les plus divers. Le plomb a été strié, gondolé, gaufré, ajouré, feutré, grenaillé, etiré, etc. En somme le type de Planté n'a été que modifié.

Le sac de feutre de M. Faure se détruisait rapidement et l'inventeur perfectionna lui-même son appareil en fixant mieux le minium sur le métal ; en collaboration avec MM. Sellon et Volckmar, il imagina de quadriller le plomb et de comprimer la pâte dans les creux ; c'est l'origine des accumulateurs à cellules. On fit mieux encore en adossant deux lames à grillage et en intercalant dans l'intervalle des pastilles qui ne pouvaient ni se briser ni se détacher. En définitive, c'est toujours le type de M. Faure qu'on reproduit sous des formes diverses.

Le grand ennemi des accumulateurs est le foisonnement des plaques par la sulfatation du plomb : un volume de plomb peroxydé donne deux volumes de sulfate de plomb ; le plomb poreux réduit augmente lui-même de volume. Cet inconvénient existe aussi bien avec les accumulateurs, genre Planté, formés en plein plomb, qu'avec les accumulateurs à cellules. C'est ainsi que les plaques se désagrégent et se détruisent. Augmenter la durée des appareils est donc le premier objectif des inventeurs : tous y visent et ils prétendent presque tous avoir réussi, c'est ce qu'on verra par l'usage.

Un autre défaut à éviter, c'est la formation des courts circuits : on supprime ce grave inconvénient par une disposition ingénieuse des plaques permettant de rendre impossible tout contact direct ou indirect entre-elles. On peut dire que c'est fait.

Il faut encore établir les prises de courant de telle sorte que l'eau acidulée ne puisse les atteindre ; on réalise bien cette modification aujourd'hui.

Enfin, les plaques grillagées, qui servent de support aux pastilles, subissent une véritable formation en service et elles perdent leur solidité ; on y obvie en alliant divers métaux au plomb ; l'antimoine a donné de bons résultats.

Toutes ces questions ont été parfaitement étudiées dans ces derniers temps et le problème approche de sa solution, sans qu'on puisse se flatter néanmoins de posséder un accumulateur sans reproche.

Pour se rendre compte de la valeur d'un accumulateur, il faut déterminer cinq éléments, qui sont :

1° Le rapport du poids utile de plomb au poids brut ;

2° Le débit des ampères par kilogramme de plaques ;

3° La puissance normale en watts ;

4° La capacité des watts-heure ;

5° Le prix par kilogramme de plomb utile.

Examinons tour à tour ces diverses questions.

Et d'abord, les deux tiers du poids total sont représentés généralement par les plaques, l'autre tiers par le liquide et la caisse. Mais on peut faire mieux.

Le régime de décharge est celui que l'on veut, mais il y a un régime normal qui varie de 1 à 1,8 ampères ; il existe des accumulateurs qu'on a pu pousser à 2,5 ampères.

La puissance se calcule par le nombre d'ampères débités et la chute de potentiel utilisable ; on multiplie les ampères par les volts pour obtenir des watts. On obtient généralement de 2 à 4 watts par kilogramme de plomb.

Pour calculer la capacité, il faut connaître les ampères-heure par kilogramme : une bonne moyenne est de 11 ampères-heure, soit 22 watts-heure.

Reste la question du prix : on estime qu'il ne doit point dépasser 3 à 4 francs par kilogramme de plaque. Ce prix diminue quand les dimensions augmentent la concurrence tend d'autre part à réduire les prétentions des con structeurs, qui étaient un obstacle réel à l'emploi des accumulateurs en bien des cas.

On peut se placer à un autre point de vue : un accumulateur coûte, jusqu'à 500 ampères-heure de capacité, environ 25 centimes l'ampère-heure. Comme la différence de potentiel disponible est comprise entre 2,2 et 1,8 volts, on peut estimer le prix d'achat du watt-heure à 12,5 centimes environ. Mais ces prix varient avec les dimensions, la capacité et le débit des appareils.

Ces données peuvent servir de base à une comparaison rationnelle et à une appréciation exacte des divers types d'accumulateurs.

Abordons maintenant la description des principaux appareils exposés.

I. — ACCUMULATEURS DU GENRE PLANTÉ

Accumulateur Planté

C'est en 1859 que M. Gaston Planté a créé la pile secondaire au plomb qui a illustré son nom : le programme qui nous a été tracé ne nous permet pas de nous arrêter à la description d'un appareil connu de tous et qui a été exposé et récompensé maintes fois déjà : mais nous manquerions à nos devoirs si nous ne signalions pas le nouvel hommage qui a été rendu à la mémoire de cet électricien aussi éminent qu'il était modeste et désintéressé.

Le jury lui a décerné un grand prix d'honneur et le public s'est intéressé vivement à la belle collection des éléments Planté, parmi lesquels se trouvaient ses

premiers types, ratifiant ainsi d'avance le jugement qui, accordait au créateur des accumulateurs la plus haute récompense de l'Exposition.

Accumulateur Reynier

Dans cet accumulateur les plaques positives et négatives sont identiques : elles sont formées d'un plissé enchassé dans un cadre venu de fonte. Ce plissé est obtenu, par le laminage d'une feuille de plomb dans laquelle on imprime des stries et des hachures extrêmement rapprochées ; la feuille est ensuite plissée mécaniquement ; le cadre la maintient et s'oppose à la dislocation produite par ce foisonnement.

On *forme* les plaques par le nouveau procédé Planté, basé sur une attaque préalable à l'acide azotique ; mais un traitement prolongé à l'eau courante élimine les dernières traces de cet acide énergique ; on évite ainsi le gauchissement du plissé. Les plaques sont séparées par des lanières de gutta et des planchettes de bois pleines, mais très minces : la résistance intérieure est légèrement augmentée par ce dispositif.

Les tiges de connexion sont en nickel et elles sont réunies par des barres nickelées. Mais il existe un autre type, dont les plaques sont amovibles, chacune d'elles portant un crochet qui plonge dans une rigole pleine de mercure.

M. Reynier, dont les travaux sur les accumulateurs sont bien connus, a obtenu une médaille d'argent.

Accumulateur Simmen

Les plaques de cet appareil sont formées par un véritable feutre de plomb, obtenu en faisant couler ce métal à travers une sorte de passoire et en froissant ensemble les fils obtenus. L'étendue des contacts est ainsi considérablement augmentée, mais ce feutre présente d'autre part de sérieux inconvénients, car le plomb foisonne, se dilate et perd de sa perméabilité [1]

(1) M. Howell Crompton avait obtenu un feutre analogue par insufflation d'air dans un bain de plomb fondu : cet accumulateur devait être exposé, mais nous ne l'avons point vu et ne pouvons par suite fournir sur sa construction de plus amples renseignements.

Accumulateur Dujardin

Cet accumulateur appartient encore au genre Planté : ses plaques sont striées et gondolées, puis on les empile l'une sur l'autre et on les maintient par un cadre de plomb massif. Chaque plaque est donc formée de lamelles de plomb mises de champ et elle présente une grande perméabilité ; son épaisseur est de 10 millimètres.

La formation est effectuée dans un bain spécial dont M. Dujardin garde le secret ; elle s'opère, dit-on, en moins de 24 heures. Les plaques négatives s'obtiennent par réduction des plaques positives obtenues d'abord.

Les plaques se trouvent renfermées dans une caisse dont les parois sont en alliage plomb-antimoine : les interstices sont remplis de sable siliceux en gros grains ; enfin on mastique par dessus la caisse une lame de verre percée de quelques trous. La résistance de cet accumulateur est assez grande, mais il est parfaitement stable et il donne de bons résultats, ce que le jury a reconnu par une médaille d'argent.

Accumulateur Lejeune

M. Lejeune emploie des lames de plomb striées par un procédé spécial qui doit assurer un large contact aux liquides et des voies faciles aux gaz.

Accumulateur de la Société du Travail électrique des métaux

Cette société emploie les procédés de fabrication de M. Laurent-Cély, qui permettent d'augmenter la capacité de l'accumulateur, tout en lui assurant une grande durée relative. La lame est faite d'un alliage de plomb et d'antimoine et elle est évidée ; on coule dans les trous du chlorure de plomb fondu, puis on plonge cette plaque dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique : il se forme un couple voltaïque, si l'on introduit un cylindre de zinc dans le liquide excitateur, et le chlorure est réduit en formant une masse spongieuse, dont la densité ne dépasse pas 5,7.

La formation de ces plaques est rapide et profonde ; on ne constate point de foisonnement et les plaques positive et négative se conservent bien.

La société du travail électrique des métaux a obtenu une médaille d'argent.

Accumulateur Garassino

Imaginons que les lames de plomb soient soumises à un traitement électrolytique dans un bain spécial, de manière à les recouvrir d'un dépôt de plomb spongieux et qu'on les comprime ensuite : nous réaliserons ainsi très rapidement des lames à formation profonde. Tel paraît être le procédé Garassino qui nous semble assez analogue au procédé inventé par M. de Montaud ; toutefois, nous ne citons cette analogie que pour mieux faire saisir le genre de préparation que M. Garassino fait subir à ses plaques. Ces plaques sont formées en 8 heures, sans inversion de courant ; elles ne foisonnent pas et sont tellement bien comprimées que leur surface ne peut être rayée à l'ongle : on y voit une sorte de quadrillage, qui empêche la chute de la matière active. M. Garassino a obtenu une médaille de bronze.

II. — ACCUMULATEURS DU GENRE FAURE

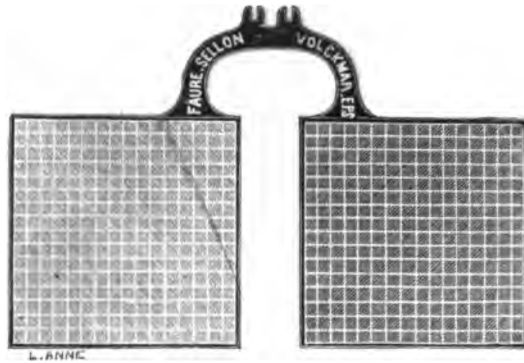
M. Faure a présenté son accumulateur à sac de feutre à l'Académie des Sciences le 18 avril 1881 ; le *Scientific American* a décrit le nouveau modèle à cellules Faure-Sellon-Volckmar, dans son numéro du 13 mai 1882. Nous avons cru utile de rappeler ces dates avant de commencer la description des accumulateurs de ce genre. La pâte, fixée mécaniquement sur les plaques, était au début une pâte au minium et à l'eau ; l'électrolyse donnait du peroxyde au pôle positif et du plomb métallique au pôle négatif. On a depuis lors essayé des pâtes de minium ou de litharge broyées dans l'acide sulfurique, on y a mêlé de la pierre ponce, du coke en grains, etc.; les avantages de ces diverses compositions ne sont pas encore bien établis, mais ils peuvent présenter un certain intérêt aussi bien au point de vue de la durée des plaques que de leur bon fonctionnement.

Accumulateur Philippart (E. P. S)

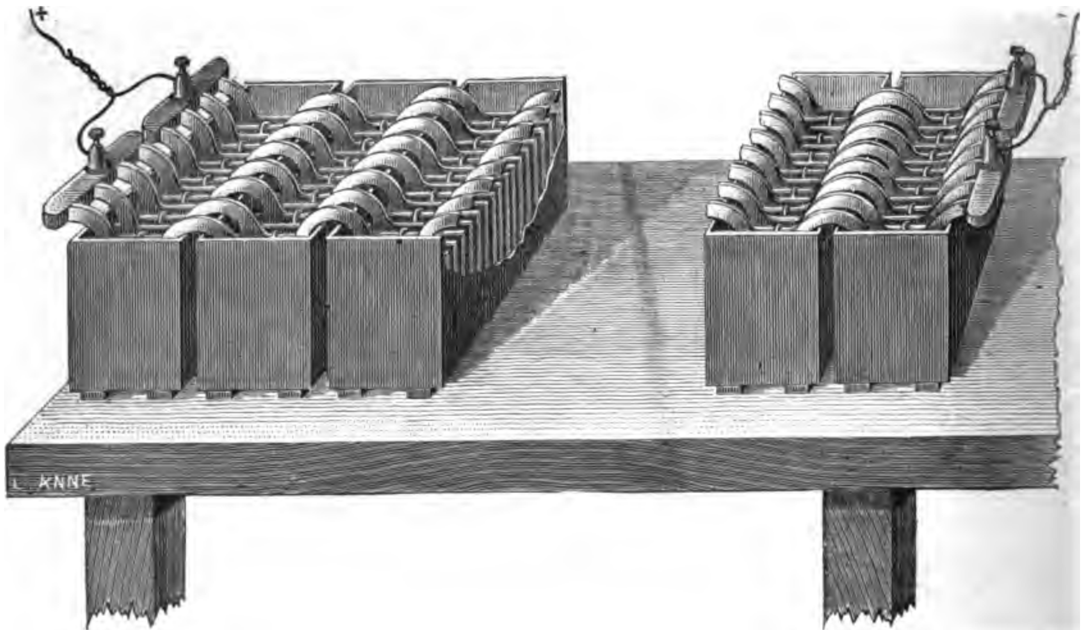
MM. Philippart frères exposent l'accumulateur connu sous le nom d'E. P. S., parce qu'il a été la propriété de l'*Electrical Power Storage Company ;* c'est le modèle Faure-Sellon-Volckmar, modifié dans sa disposition.

Les plaques sont grillagées comme d'ordinaire ; elles sont constituées par un

alliage inoxydable et très solide de plomb et d'antimoine. Les alvéoles sont remplies des pâtes d'oxyde que nous avons indiquées ci-dessus, minium au pôle positif et litharge au pôle négatif.



Ces plaques sont jumelles et amovibles : elles sont assemblées par paire et chaque paire se compose d'une plaque positive et d'une négative, soudées ensemble par un pont courbe en métal massif venu de fonte avec le grillage.



Voici comment se fait le montage d'un accumulateur : les caisses sont rangées parallèlement et les plaques jumelles chevauchent de l'une à l'autre, mais elles sont tournées alternativement en sens contraire, de telle sorte que dans une même caisse, une plaque positive succède à une négative et ainsi de suite. Toutes

les plaques positives sont reliées entre elles dans la première caisse par une barre qui constitue un pôle de la batterie ; à la dernière caisse, les éléments négatifs sont reliés de même et forment l'autre pôle. Dans les caisses intermédiaires, les plaques positives de la première sont reliées individuellement aux négatives de la seconde, les positives de la seconde aux négatives de la troisième, etc. Des jonctions supplémentaires relient les ponts métalliques en certains points et permettent de faire des prises de courants sur un nombre quelconque d'accumulateurs.

Ce montage assure l'indépendance des plaques, supprime toutes les bornes, facilite l'emballage, le montage et le démontage, le remplacement et l'inspection des plaques : de plus, un court circuit accidentel n'épuise que les plaques en contact. Mais ce dispositif est un peu encombrant, et il n'est possible que pour les installations à poste fixe.

L'écartement des plaques est maintenu soit par des fourchettes de verre, soit par des tampons en caoutchouc ou en ébonite.

MM. Philippart frères ont obtenu une médaille d'argent en même temps que l'*Electrical Power Storage Company* (1).

Accumulateur Gadot

Ce système est caractérisé par la construction spéciale des plaques grillagées qui sont formées de deux lames rivées, dont les alvéoles présentent une dépouille en sens contraire, de telle sorte que les pastilles soient maintenues et comprimées par le foisonnement. Ces plaques sont suspendues et soudées sur une longue tige en plomb : on obvie ainsi au grimpement de l'eau acidulée, qui ne peut plus atteindre et attaquer les bornes de laiton.

Les accumulateurs Gadot, dont le mérite a été reconnu par une médaille d'argent, sont très répandus : la surface des alvéoles est considérable, ce qui permet de réduire au minimum le poids du plomb inactif sans compromettre la solidité des plaques.

Le plomb employé est un alliage inoxydable.

Accumulateur de la Société anonyme l'Électrique (brevet Julien)

L'accumulateur Julien est une modification, de l'élément E. P. S. qui a été l'objet d'expériences nombreuses à l'Exposition d'Anvers, en 1885, et dont l'ap-

(1) MM. Philippart ont pris, au commencement de 1888, la représentation en France des brevets Faure-Sellon-Volckmar.

plication à la traction des tramways a donné des résultats excellents. La carcasse des plaques est constituée par un grillage d'un métal inoxydable, dans la composition duquel il entre 95 parties de plomb, 3,5 d'antimoine et 1,5 de mercure

La société l'*Electrique* a obtenu une médaille d'or pour l'ensemble de son exposition : c'est cette société qui a pris l'initiative des expériences faites en 1885 à Bruxelles, rue de la Loi, pour la traction sur voies ferrées par l'électricité. Une voiture de tramway ordinaire était remorquée par 72 accumulateurs, pesant une tonne environ; quand une batterie était déchargée on la remplaçait par une autre ce qui exigeait dix minutes à peine. On eût pu à la rigueur fournir une carrière de 60 kilomètres par charge, mais on ne dépassait généralement pas 40 kilomètres. Le rendement était d'environ 35 0/0. Mais, si la dépense était encore grande, on a reconnu que les avantages étaient incontestables, et il suffirait de quelques perfectionnements heureux pour que l'électricité remplaçât les chevaux dans les rues de nos cités [1].

Accumulateur des Ateliers d'Œrlikon (brevet Schoop)

L'inventeur s'est proposé de prolonger la durée de ses appareils : à cet effet les alvéoles, de forme triangulaire, sont remplies d'une pâte de composition spéciale, ne renfermant que les deux tiers de la quantité de litharge ordinairement employée ; il paraît qu'elles ne subissent dès lors ni foisonnement, ni gondolement.

Les résultats de marche ont été remarquables aux essais, mais on ne peut pas encore se prononcer sur la durée des appareils.

Les ateliers d'Œrlikon ont obtenu un grand prix pour leur belle exposition : l'accumulateur Schoop a contribué sans doute à ce succès.

Accumulateur de Khotinski

Imaginez une caisse, de 60 centimètres de long, partagée en dix compartiments, par des cloisons de verre verticales : chaque compartiment est subdivisé dans sa hauteur en huit parties, par des bandes de verre horizontales, sur lesquelles reposent des plaques, alternativement positives et négatives. Ces plaques d'une même couche de niveau, sont toutes soudées à une forte bande de plomb

(1) M. Van Vloten a exposé les maquettes de l'installation du chargement des accumulateurs de la Compagnie des Tramways bruxellois. Le jury lui a décerné une médaille de bronze.

avec laquelle elles ne forment qu'une pièce: ces bandes portent des queues de jonction recouvertes d'émail, qui reçoivent les fils. Tel est l'accumulateur de M. de Khotinski.

La constitution des plaques ne présente rien de particulier : la matière active est emprisonnée dans des sillons creusés dans le plomb.

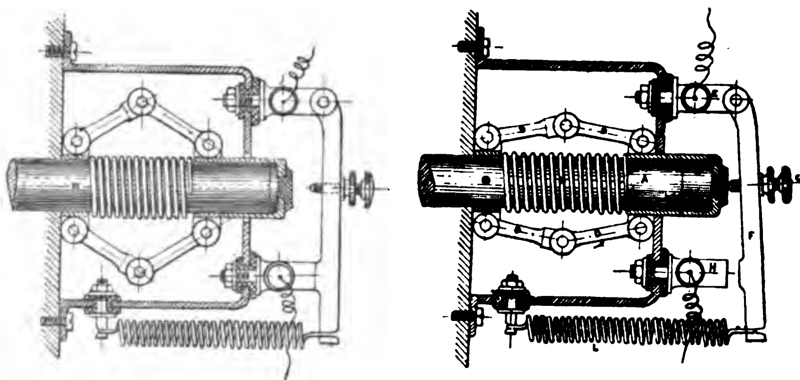
Cet appareil est très employé en Allemagne, et il y donne, dit-on, de fort bons résultats. Il était exposé par M. Daniel Augé.

Il nous reste à signaler les accumulateurs Hubert, à pastilles percées; les accumulateurs Mortelette sans soudure (mention honorable); les accumulateurs Jarriant, du type Planté, exposés par la Société anonyme des applications de l'électricité, et quelques autres, sur lesquels nous n'avons pu recueillir des documents suffisants.

Voici enfin un dispositif mécanique destiné à sauvegarder les dynamos contre la réaction de l'accumulateur pendant le chargement.

Interrupteur automatique des Chantiers de la Buire (Brevet Bobenrieth)

Lorsque la source d'électricité employée à la charge des accumulateurs a un débit variable, il est nécessaire d'interposer entre elle et la batterie un conjonc-



tuer automatique, qui coupe le circuit lorsque le moteur se ralentit ou s'arrête. De nombreux appareils ont été imaginés dans ce but par sir William Thomson,

MM. Berjot, Hospitalier, etc.; les chantiers de la Buire en exposaient un nouveau qui est ingénieux.

Sur le bout de l'arbre de la dynamo, se cale un collier, portant deux bielles articulées, attachées d'autre part à un manchon mobile, qui peut coulisser sur l'extrémité du même arbre : un ressort hélicoïdal tend à maintenir le collier et le manchon mobile à la plus grande distance possible. Mais les bielles constituent une sorte de régulateur centrifuge ; elles s'écartent quand l'arbre tourne et rapprochent le collier du manchon. Or, le circuit extérieur de la dynamo se trouve fermé par le manchon mobile quand il vient appuyer sur un contact, et ce résultat n'est obtenu que pour une vitesse déterminée de rotation de l'arbre ; pour une vitesse moindre, la force antagoniste du ressort est prédominante et le circuit est interrompu.

Si l'on rencontre quelque difficulté à fixer l'appareil sur l'arbre de la dynamo, on l'installe à côté, et on le commande alors par une courroie.

L'exposition des accumulateurs, quelque considérable qu'elle parût, était loin d'être complète ; on n'y voyait pas les accumulateurs Elieson, Reckenzaum, Van Gestel, de Montaud, Tamine, Schenk et Farbaki, etc.; les accumulateurs au cuivre, de MM. Commelin et Desmazures, n'étaient pas représentés : bref, il avait de grandes et regrettables lacunes.

Et cependant, on ne saurait se dissimuler l'importance énorme des accumulateurs, pour les installations électriques en général, et en particulier pour l'établissement des stations centrales. Tant que les usines électriques seront obligées de suivre heure par heure les besoins de leur clientèle, et de se monter de machines d'après le maximum du débit horaire, elles ne pourront lutter avantageusement contre les usines à gaz, qui produisent le gaz d'après la consommation moyenne de la journée; l'accumulateur est l'équivalent du gazomètre, il remplit la même fonction et joue le même rôle économique. Si l'accumulateur pouvait être utilisé, les stations centrales travailleraient tout le jour à leur maximum de puissance et de rendement.

Or, quel est l'unique obstacle qui s'oppose à leur emploi ? C'est leur prix élevé d'achat et d'amortissement. On pourrait, en bien des cas, trouver le capital nécessaire à l'acquisition des appareils, mais on est arrêté généralement par la nécessité d'amortir ce capital en quatre ou cinq années : la durée des accumulateurs est donc la principale cause qui limite leur application ; est-ce-à-dire que l'on ne puisse construire des plaques durables ? Il serait injuste de le prétendre, car des plaques bien ménagées peuvent servir dix ans ; mais elles seraient hors d'usage, au bout de peu de mois, si l'on effectuait les charges et les décharges

avec de trop forts courants, si on les vidait complètement, ou si on les chargeait au delà de leur saturation. En définitive, ce sont des instruments délicats. Néanmoins, on les utilise déjà dans plusieurs stations centrales, à Vienne, à Londres et à Berlin, dans les théâtres de Paris, au passage des Panoramas, à Chelsea, etc.: bientôt nous serons fixés sur le taux d'amortissement qu'il convient d'appliquer dans les conditions d'un service courant.

Pour le moment, on peut affirmer sans exagération que la question des accumulateurs est une de celles auxquelles les chercheurs devraient s'intéresser le plus. De bons esprits prétendent en effet, que la distribution de l'énergie électrique par accumulateurs est la seule et vraie solution de l'avenir.

TABLE DES MATIÈRES

II. — Accumulateurs du genre Faure.

